PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

2000-003446 (11)Publication number:

(43)Date of publication of application: 07.01.2000

G06T 7/00

(51)Int.CI.		(51)Int.CI. G08T 7/00 G06T 1/00
(21)Application number: 10-167351	: 10-167351	(71)Applicant: RICOH GO LTD
(22)Date of filing:	15.06.1998	(72)Inventor: NISHIDA HIROFUMI

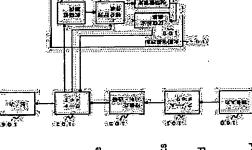
(54) MISSING VALUE ESTIMATING METHOD, THREE -DIMENSIONAL DATA INPUT DEVICE AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To highly accurately estimate the coordinate value of a feature point missed by shielding.

missing value and an initial value setting part 108 sets image frame in a work memory 103. In a missing value operation for applying a factor decomposition method method again by using the obtained estimation value up the initial value of the missing value. A repeated SOLUTION: A feature point extraction/tracing part estimation part 105, a missing value selection part partial matrix preparing part 107 prepares a partial to the partial matrix by using the initial value as a coordinates of respective featured points on each 102 generates and stores a matrix W arraying the estimation operation part 109 repeats estimation matrix out of the matrix in order to estimate the missing value, applying the factor decomposition 106 selects one missing value in the matrix W, a

as a missing value to correct the estimation value and



interpolates the missing value of the matrix W by using a final estimation value. Thus all missing values of the matrix W are successively interpolated one by one.

(12)公開特許公報(A) (19)日本国特許庁(児)

(11)特許出國公開都与

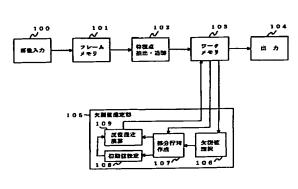
デ-73-1・(参考)	58057	_
	415	2.
	16/62	15/66
Ŗ	G06F	
即別記号		
	2/00	1/00
(51) Int. C1.	G06T	

	審並請求 非請求 都來項の数6	0.0	(全14月)
(21)出願番号	侍願平10-167351	(71)出題人 000006747 #サイクナリュー	I
(22)出顧日	平成10年6月15日(1998.6.15)	体丸がたい (水の) (水の) (水の) (水の) (水の) (水の) (水の) (水の)	休込がれって一 東京部大田区中周込1丁目3番6号 西田 広文
	-		東京都大田区中周込1丁目3番6号 株式会社121円
		(74)代理人 100073760 仲田十 68米	100073760 普里 100073760
		ドターム(参考) 58057 AAOS AAOS BAIL CAIS	05 AA06 BA02 BA11 CA13

(54) [発明の名称] 久迦値推定方法、三次元データ入力较配、及び、配録媒体

【瞬題】 道蔽により欠落した特徴点の座標値を高辯度 に推定する。

用し、得られた推定値を欠調値として用いて因子分解法 を選択し、その欠測値を推定するための行列Wの部分行 8で久辺値の初期値を設定する。反復推定項算部109 は初期値を欠測値として用い部分行列に因子分解法を適 的な推定値を用いて行列Wの欠調値を補完する。行列W 特徴点抽出・追跡部102によって、各 を再度適用し推定値を修正する推定砲算を反復し、最終 特徴点の各画像フレーム上での略様を並べた行列Wがワ -クメモリ103上に生成される。欠別値推定的105 において、欠週値選択邸106で行列Wの1つの欠測値 列を部分行列作成部 107で作成し、初期位散定部 10 の全ての欠調値が1つずつ原次補完される。 (解決手段)



http://www1.ipdljpo-miti.gojp/PA1/result/detail/.../wAAAa21103DA412003446P1.ht 00/10/17

特開2000-3446

ම

一曲の時条列画像に対し複数の特徴点の 自跡を行うことによりメモリ上に生成された、各特徴点 の各回像フレーム上での座標値を並べた行列中の欠谫値 を推定する方法であって、

対し、その欠測値として初期値を用い因子分解法を適用 プで推定された最終的な推定値を用いて酸メモリ上の行 数第1のステップから財第4のステップまでの処理を散 のステップと、故第2ステップで作成された部分行列に して欠週佰の推定値を求め、求めた推定値を欠測値とし 钕メモリ上の行列から欠適値を 1 つ過択する 笠 1 のステ ップと、眩斑1のステップで選択された欠弱値を推定す るための、眩メモリ上の行列の部分行列を作成する第2 て用い因子分解法を再度適用して欠適値の推定値を修正 する指定資質を反復して行うことにより、欠選値に対す る最終的な推定値を得る第3ステップと、数第3ステッ 列の対応する欠測値を補完する第4ステップとを含み、

【柳求頃2】 眩第3ステップにおいて、眩第2ステッ プで作成された部分行列の、欠測値を含む行又は列を除 位を求めることを特徴とする請求項1記載の欠週債推定 いた部分行列に因子分解法を適用することにより酸初期 れるまで繰り返すことを特徴とする欠週値推定方法。

メモリ上の行列の全ての欠適値が指定値を用いて補完さ

と、眩뙤3手段に記憶されている行列から、その欠適値 し、その欠適値として初期値を用い因子分解法を適用し 用い因子分解法を再度適用して欠測値の推定値を修正す る推定阅算を反復して行い、最終的に得られた推定値を 用いて数第3手段に配位されている行列の対応する欠割 位を補完する第4手段と、眩第4手段によって全ての欠 阅位が補完された後の行列を眩第3手段より外部へ出力 し複数の特徴点の追跡を行って、各特徴点の各画像フレ て欠過値の推定値を求め、求めた推定値を欠週値として と、眩뙤1手段により入力された一連の時系列画像に対 一ム上での座標値を並べた行列を生成する第2手段と、 放第2手段により生成された行列を記憶する第3手段 を推定するための部分行列を作成し、敵部分行列に対 【翻求項3】 一連の時系列回像を入力する第1手段 する第5手段とを具備する三次元データ入力装配。

された部分行列に対し、その欠測値として鼓初期値を用 【間水項4】 政第4手段は、政第3手段に記憶されて する初期値を珍める第8手段と、舷第7手段により作成 権定値を欠適値として用い因子分解法を再度適用して欠 **数第6手段により選択された欠領値を推定するための該** り作成された部分行列の欠別値を含む行又は列を除いた い因子分解法を適用して次副値の推定値を求め、求めた 行列の部分行列を作成する第7手段と、散第7手段によ 部分行列に因子分解法を適用することにより欠割値に対 いる行列から推定対象の欠測値を避択する第6手段と、

为に得られた推定値を用いて該第3手段に記憶されてい る行列の欠调値を補完する第9手段とからなることを特 致とする糖水項3 記載の三次元データ入力装置。

値に対する最終的な推定値を得る第4ステップと、酸第 を、コンピュータに実行させるためのプログラムが記録 されたことを特徴とするコンピュータ腕み取り可能な記 【樹求頃5】 一連の時系列回像に対し複数の特徴点の を推定するための、酸メモリ上の行列の部分行列を作成 する第3のステップと、眩第3ステップで作成された部 値を修正する推定領算を反復して行うことにより、欠週 4.ステップで推定された最終的な推定値を用いて該メモ リ上の行列の対応する欠捌値を補完する第5ステップと ップと、核メモリ上の行列から欠測値を1つ選択する第 2のステップと、散第2のステップで選択された欠測値 法を適用して欠測値の推定値を求め、求めた推定値を欠 強値として用い因子分解法を再度適用して欠週値の推定 追跡を行うことにより、各特徴点の各回像フレーム上で の座標値を並べた行列をメモリ上に生成する第1のステ 分行列に対し、その久測値として初期値を用い因子分解 發媒体。 으 ន

する第3のステップと、眩第3ステップで作成された部 **収適用して欠測値の推定値を修正する推定領算を反復し** る第4ステップと、敵第4ステップで推定された最終的 な推定値を用いて眩メモリ上の行列の対応する欠測値を **備完する第5ステップとを、コンピュータに実行させる** ためのプログラムが記録されたことを特徴とするコンピ 【間水頃6】 一連の時系列画像に対し複数の特徴点の 追跡を行うことにより、各特徴点の各画像フレーム上で の座標値を並べた行列をメモリ上に生成する第1のステ ップと、眩メモリ上の行列から欠遺値を 1 つ選択する第 2のステップと、眩第2のステップで選択された欠倒値 を推定するための、散メモリ上の行列の部分行列を作成 分行列の、欠測値を含む行又は列を除いた部分行列に因 子分解法を適用することにより初期値を求め、散第3ス 数初期値を用い因子分解法を適用して欠週値の推定値を 求め、求めた推定値を欠測値として用い因子分解法を再 て行うことにより、欠捌値に対する碌終的な推定値を得 テップで作成された部分行列に対し、その欠測値として ュータ脱み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】 읗

象物体の三次元形状やカメラの運動を復元する技術分野 メラなどによって植形された一連の時条列画像から、対 【発明の属する技術分野】本発明は、デジタルビデオカ に関する。

[0002]

カメラのようなデジタルメディアによって取り込んだ動 タヴィジョンの研究分野において国要な課題となってお 国象かのの対象物体の川农店を状の結所が、コンパュー 【従来の技術】 デジタルスチルカメラやデジタルビデオ ය

測値の推定値を修正する推定領算を反復して行い、最終

行車、ヒデオカメラを使った三次元形伏入力、画像符号 り、その応用分野、例えばロボットヴィジョン、自動走 化、三次元モデリングなどでも大きな関心が特たれてい

メラ中心からの距離を求めることにより、形状を推定す 抽出問題において、いわゆる「逆動からの構造権定(St て、まずカメラの辺動を求め、次に物体上の特徴点のカ るのが普通である。しかし、時来列助回像では、各フレ **一ム間での対応点の動きが小さいので、辺町を平行道助** 状情報の復元が上手くいかない。逆に時系列のサンブリ ング団扇を大きくとった場合、すなわち、各フレーム団 の対応点の動きが大きい協合には、特徴点の対応付けの 【0003】時本列の二次元勢回像からの川次元倍級の ructure From Motion) 」という方法では、運動(Motio 問、求められた奥行き(Depth)の解が不可能になり、形 n)→距離(Depth)→形状(Shape)という手順にしたがっ か回転運動かによって特定するのは不可能に近い。結 信頼性が低下してしまう。

算することによって解を安定させる方法として、Tomasi

(paraperspective)モデルを利用する因子分解法が、Poe のカメラモデルである中心射影により近い類似中心射影 manとKanadeにより提案された(C.J.Poelman and T.K unade, "A paraperspectivefactorization method for

n tp = mf . 8 p + x f

vfp=nf·sp+yf

[0011] ただし、 [0012]

3 - y £ k ig-xqkg

デルは、中心対影を | s, | */z, * + 0の仮定のもとで 19)は、特徴点pを画像面2~中心対影したときの投影 面3までの距離である。後述のように、数似中心鉛影中 【0013】ここで、2,はカメラ中心1から仮想回像 近似したものである。なお、図1において、(Ura)

点の座標である。

*shape and motion recovery," IEEE Transactionon Pat tern Analysis and Machine Intelligence, vol.19,no. 3,pp.206-218) .

[0006]にこで、この版文中心対形モデルと、それ

を通り回像面2に平行な仮想画像面である。ワールド斑 標系の原点を国心Cに採り、特徴点pのワールド函信系 て、1はカメラ中心、2はカメラ中心1から魚点距離だ 図1は様以中心対形モデルの説明図である。図1におい け離れた回像面である。Cは、カメラにより撮影された 物体の特徴点(その一部が■マークで代扱して扱されて いる)の集合の国心(物体の田心)である。3は田心C 【000~】 まが段気中心党防ホルグにしてわばくる。 を利用する因子分解法について説明する。 たの三次元函植をB,ER,とする。

で、特徴点pを仮想平面3に投影するが、この投影はカ て第2のステップで、仮想平回3に投影された点を回像 面2に中心対影する。特徴点すの国像面2への投影点の Σ,= (0,; i,, j,) での毀損を (u,ο, ν,ο) とす || i・|| = || j・|| = 1, i・× j・= 0)、カメラの光色 方向をk,=j,×j,eK,とする。画像フレームよにお り、単位直交ペクトルの組(i,, j,)により、二次元 【0009】 被気中心対形では、特徴点pの国後間2~ メラ中心1から虹心Cに向かう面貌と平行に行う。そし し、カメラ中心1の斑椋をもい、画像国2の二次元ロー いて、画像面2と、ヘクトルド,の交点0,を原点に採 の投影は次の2ステップで行われる。第1のステップ 【0008】 特殊判画像中のある画像フレームかに関 カル既禄系の基底ペクトルをi, j,eR*(ただし、 ローカル磁標系2,= (0,; i,, j,) を定義する。 る。ただし、カメラの魚点距離は1とする。この 8 ន

(urn, vrn) は次のように改現される。

[0010]

Ξ

分解法においては、F校の回像フレームにわたってP個 の特徴点を追跡し、その結果として、投影点の回像面の 【0014】次に、因子分解法について説明する。因子 r= (0,; ir, jr) 上での二次元ローカル斑樹

(urp, vrp), f=1,2,...,F;p=1,2,...,Pを並べ

た2F×Pの行列Wを定義する。

校照2000-3446

2

n)」 がある (C.Tomasi and T.Kanade, "Shape and mot ion from image streamunder orthography: A factoriz sion,vol.9,1992,pp.137-154)。この方法は、正対影モ 行列の特異値分解を用いるため、他の手法に比べて、解 ation method," International Journal ofComputer Vi デルに基づいて機形定式化を行い、数値計算的に安定な 【0004】奥行きを計算せずに働きと形状を同時に計 とKanadeにより提案された「因子分解法(factorizatio が極めて安定であることが特徴である。

【0005】さらに、定式化の総形性を保ちながら契陽

※[数2]

* [数3]

[0015]

3

※【0017】次に、各フレーム毎に全特徴点の×座標値 19、下半分は特徴点のソ路標値vioをそれそれ数す。行 10 の平均値xiとソ路標値の平均値y [0018] 【0016】この行列Wの上半分は特徴点の×阻碍値u

列Wの各列は一つの特徴点に対する追跡結果、各行は単 ーフレーム内の全特徴点の×座標値又はy 座標値に対応

[数4]

$$\frac{1}{P} \sum_{p=1}^{P} u_{fp} = x_{f}, \quad \frac{1}{P} \sum_{p=1}^{P} v_{fp} = y_{f}$$
 (4)

* [0000] 【0019】を求め、行列Wの各要霖からx・・ タ・を遵

し引いた行列W*を作る。

9

なうに分解できる。 [0023] 【0022】肝迦行列W•は、フレーム数Fと特徴点数 [* p] しょり] ここで、W*を「計測行列」と定義する。

Pをいくら描やしても階数が高々。3であるので、次のよな

9

30◆きる。このような計測行列に対する分解法を「因子分解 【0026】因子分解法では、計測行列の因子分解によ りカメラの運動と物体の形状の復元を行うが、その基本 {s,:p=1,2,...,P}を並べた行列であることがわか 【0024】これを前記(1)式と照らし合わせると、 n,): f=1,2,...,F}と特徴点の位屋ベクトル RとSはそれそれカメラの姿勢ペクトル {(日c)

ため、行例の階数が3であるとは限らないが、その場合 でも、特異値分解を用いて大きな3つの特異値だけを保 つように分解すると、二乗製整の最小化の意味での最適 【10025】一般的には、計画行列にノイズが合まれる 分解が符られる。 擬以中心射影モデルの協合も同様に、

3

*か、0に近くなる。の,以降を0であるとして計倒行列 対角行列、VはP×Pの直交行列である。もし、計測行 【0029】ただし、Uは2F×Pの直交行列、2は計 測行列の特異値(σ,,σ₂,...,σァ)からなるP×Pの 列の階数が3をあれば、0.以降の特異値は0である

を分解すると、 [00030]

[数8]

3

[0031]である。 そこで [0032]

※[数10] 【0035】とおけば、一つの分解結果 [0036]

W⁴= Řŝ

G :

11 W-R8-Rag-18- (RG) (0-18) =R8-W 【0037】が得られる。しかし、(10)式の分解は 10★【0038】 [数11] - 蔵ではない。実際、任意の正則行列Qにより、

☆[0041] f =1, 2, ...,P 【数12】 【0040】そこで、次のような拘束条件を導入する。女 f 2+x 2 f 2+y 2 ||mt1||2 || ||n t ||2 | 【0039】のように無数の解が存在する。

(13)

(E) [=1, 2, ···, F ◆[数13] f 2+ y g | m T | 12

[0042]

*[数14] || m || || = 1 [0043]

【0044】この拘束条件を潰たするを求め、この名に [0045]

一ムで新しい特徴点が導入されたりしないことを仮定し

(14)

R=RO, S=Q-1S [0046]とし、 [外2]

[0047] [**%**3]

【0027】計測行列の因子分解には、行列の特異値分

アルゴリズムにして人次に沿くる。

て、計測行列W*は次のように3つの行列の街に分解で

[0028]

S S

[数7]

計測行列をカメラ登動行列と特徴点形状行列とに分解で◆40

解の平法が用いられる。すなわち、特異値分解を用い

カメラの姿勢を示す。 Sは3×Pの行列で各特徴点の三 [0048] と一意に分解する。Rは2F×3の行列で 2,...,F}と、(4)式で計算される(xt, yt)とか 次元座標値を示す。詳細は前述のPoelmanとKanadeの文 ら、カメラの方向 { (i,j,k,): f=1,2,...,f} **献に顧るが、行列Rすなわち { (m,, n,) : f=1,** を求めることができ、ついで (12) 式から2:を、 (2) 式からカメラの位置も,を計算できる。

法では、より詳しく後述するように、権定対象の近傍の 画像フレームの部分集合と特徴点の部分集合に因子分解 ている。しかしなから、カメラが物体の周りを一回りす るような状況では、最初の画像フレームで見えている特 数点の一部は弦中で物体に強振されてしまとのが、中の ような仮定は、長時間にわたって協助された動画像には Kanadeは、特定の画像フレーム上で隠れて見えないよう ち、物体が通明な場合に、その特徴点が回像国上で観測 されるへき位配を指定する方法を扱築している。この方 【0050】この問題への対応として、哲述のTomasiと な特徴点について、その国像面での投影位配、すなわ 政用できない。 우 ន

法を適用し、それにより咎られた回像フレームと特徴点 の位置情報の部分描定を使って、悶れて見えない特徴点 である中心対影によるものではなく、因子分解法で仮定 しかし、この方法で得られる推定値は、本来の技形条件 する故形モデル(旧詮粉や磁気中心発影)により故野さ れたものになってしまう。そのため、描定位が安慰のか メレモデンためる中心故防による故影位頃かの大命へが の画像面での投影位置を最小二級近似によって求める。 れて観遊が大きくなることがある。

【0051】なむ、因子分解治に関らず、虧固像から物 50 体の三枚元形状やカメラの過略を指定する方法では、一

心的形モデルのいずれを利用するにしても、因子分解法 においては、題ばれたすくての特徴点が、即回像のすく ての国像フレームにわたって追跡できることを前扱とし 【発明が解決しようとする課題】正好形モデル、 場以中

徴点が途中で悶れて見えなくなったり、途中の回像フレ ている。すなわち、最初の画像フレームで見えている特

3

が基本であり、上に述べたような隠れて見えない特徴点 設的に、特徴点を全ての国像フレームで対応付けること に対する投影位国の補定を行う必要がある。

5、各特徴点の各画像フレーム上での路標値を並べた行 別において、特徴点の遮蔽により欠落した座標値(欠週 菌)を高格度に描定できるようにし、以て、因子分解法 により物体形状及びカメラ運動の高精度な復元を可能に 【0052】よって、本発明の目的は、一遊の時条列画 象に対し複数の特徴点の追跡を行った結果として得られ することにある。

第2のステップと、鼓第2ステップで作成された部分行 の行列の対応する欠測値を補完する第4ステップとを含 み、核第1のステップから鼓第4のステップまでの処理 像フレーム上での座標値を並べた行列中の欠週値を高路 は、眩メモリ上の行列から欠測値を1つ選択する第1の ステップと、放第1のステップで選択された欠倒値を推 定するための、舷メモリ上の行列の部分行列を作成する 別に対し、その欠測値とじて初期値を用い因子分解法を 適用して欠倒値の推定値を求め、求めた推定値を欠過値 として用い因子分解法を再度適用して欠到値の推定値を 修正する権定徴算を反復して行うことにより、欠御値に 対する最終的な推定値を得る第3ステップと、駁第3ス テップで推定された最終的な推定値を用いて酸メモリ上 を放メモリ上の行列の全ての欠捌値が推定値を用いて補 行うことによりメモリ上に生成された、各特徴点の各画 【瞑題を解決するための手段】 請求項1配線の本発明に よれば、一道の時系列画像に対し複数の特徴点の追跡を 度に推定する方法が提供される。この欠測値推定方法 死されるまれ数り返す結成がある。

[0054] 請求項2配載の発明によれば、鼓第3ステ の、欠別値を含む行又は列を除いた部分行列に因子分解 ップにおいて、散第2ステップで作成された部分行列 法を適用することにより該初期値が求められる。

像を入力する第1手段と、該第1手段により入力された 各特徴点の各画像フレーム上での座標値を並べた行列を 生成する第2手段と、敵第2手段により生成された行列 を配位する第3手段と、「越筑3手段に配信されている行 **ルンデオカメシなどによって物体を協助した雰囲像など** し、骸部分行列に対し、その欠讻値として初期値を用い るためのデータを入力する三次元データ入力装配が提供 される。この三次元データ入力较配は、一連の時系列画 【0055】また請求項3記載の発明によれば、デジタ から、対象物体の形状とカメラの甾動や超離既に復元す 一連の時条列画像に対し複数の特徴点の追跡を行って、 別から、その欠適値を描定するための部分行列を作成

行列の対応する欠測値を補完する第4手段と、散第4手 手段より外部へ出力する第5手段とを具備する構成であ 段によって全ての欠測値が補完された後の行列を該第3

第7手段と、眩第7手段により作成された部分行列の欠 の欠測値として眩初期値を用い因子分解法を適用して欠 **岡倌の推定値を求め、求めた推定値を欠測値として用い** 因子分解法を再度適用して欠測値の推定値を修正する推 定函算を反復して行い、最終的に得られた推定値を用い [0056] 請求項4記載の発明によれば、酸第4手段 は、敵第3手段に配憶されている行列から推定対象の欠 副値を選択する第6手段と、鼓第6手段により選択され た欠測値を推定するための散行列の部分行列を作成する 測値を含む行又は列を除いた部分行列に因子分解法を適 用することにより欠꾌値に対する初期値を求める第8手 段と、眩頭7手段により作成された部分行列に対し、そ て数第3手段に配信されている行列の欠週値を補完する 第9 手段とからなる構成とされる。 [0057]

2

[0053]

を設定する初期値設定部108と、設定された初期値か

て行列Wの欠週値を補完する反復推定函算即109とか

の蘚摂かたる。

より商籍度な欠測値の推定値を求め、この推定値を用い

ち出発して反復権定領算によって権定値を逐次修正し、

カシステムについて説明する。なお、ここでは前述の蝦 【発明の実施の形態】以下、本発明の欠測値推定方法及 び三次元データ入力装置の一実施形態として、デジタル 解法により物体の三枚元形状とカメラの運動を高精度に アデオカメラなどによって協勢された動画像から因子分 推定するために必要なデータを入力する三次元データ入 以中心射影モデルを仮定する。 ឧ

【0058】図2は、この三次元データ入力システムの の三次元データ入力システムの全体的な処理の流れを示 ト中の欠剤値推定処理プロックの処理内容を示すフロー 機能プロック構成を示すプロック図である。図3は、こ すフローチャートである。図4は、図3のフローチャー チャートである。 [0059] 図2において、100は助画像のF枚の画 タを取り込むものである。101は、画像入力部100 くとも相前後した2枚の画像フレームを一時的に配信す るためのフレームメモリである。102は、フレームメ モリ101内の回像フレームからP個の特徴点を抽出し て、それを全フレームにわたって追跡し、前記(3)式 **部100は、例えば、物体の撮影に使用されたデジタル** ラなどで予め協歌された動画像のデータを格検している から入力された一連の国像フレームの全部、又は、少な 像フレームを入力する画像入力部である。この画像入力 ピデオカメラそのものであったり、 デジタルビデオカメ あるいは、外部の機器から通信回線を通じて動画像デー 記憶媒体から動画像データを簡み込むものであったり、

えば、物体のエッジや模様のような輝度変化の散しい点

が抽出される。このような特徴点の追跡(フレーム間で の特徴点の対応付け)は、例えば、相前後するフレーム

င္တ

に仰られた推定値を用いて数類3手段に記憶されている

因子分解法を適用して欠測位の推定値を求め、求めた推 定位を欠调値としる用い因子分解法を再収適用して欠過 値の推定値を修正する推定函算を反復して行い、最終的

のような2F×Pの行列Wをワークメモリ103上に生 成する特徴点抽出・追跡部である。特徴点としては、例

03上の行列Wを参照して推定すべき欠過値を一つ強択 ための部分行列(後述)を行列Wから作成する部分行列 **路標値(欠測値)の推定を行う部分が欠測値推定部10** 5である。この欠週値推定部105は、ワークメモリ1 する欠測値選択部106と、選択された欠落値の推定の 作成部107、作成された部分行列から欠割値の初期値 【0060】前述のように特徴点の遮蔽、あるいは協影 時の照明の変動などによって、ある特徴点が、ある国像 03上に作成された行列Wにおいては、そのような特徴 点の座標値が欠落している。この欠落している特徴点の 合、特徴点抽出・追略部102によってワークメモリ1 フレームでは抽出されない場合がある。そのような場 明でのプロックマッチングによって行われる。

メモリ103に得られた欠選値のない行列Wを外部の記 は、欠週値推定部105によって順次推定され、推定値 によって審き換えられ、最終的に全ての欠週値が補完さ 行列Wが符られれば、前述の因子分解法を適用すること により、撮影された物体の三次元形状とカメラの運動を 位媒体や、因子分解法による処理のためのシステムへ出 【0061】ワークメモリ103上の行列Wの各欠函位 れた行列Wがワークメモリ103上に生成される。この **高畑度に復元することが可能になる。104は、ワーク** ようにして高路度な推定値を用いて欠測値が補完された 力する出力部である。

[0062] このような三次元データ入力システムにお ける処理内容について、図3及び図4のフローチャート に示す処理の流れに治って詳細に説明する。

01)。なお、フレームメモリ101に雰回像の倒えば 2フレームだけを一時的に配信する場合には、最終の第 【0063】画像入力部100によって動画像を入力し て特徴点の抽出・追跡を行う(処理プロック200,2 Fフレームまで、2フレーム単位で処理ブロック20 0,201の処理が逐次に繰り返される。

列Wがワークメモリ103上に生成されると、欠週値推 [0064] このようにして、前記(3) 式のような行 (処理ブロック202,203)。 具体的な処理を説明 定部105によって行列W中の欠週値の推定が行われる する前に、その基本的な考え方を説明する。

\$

功し、その風根値が得られていることを示し、「?」印 の部分行列を作成する。この部分行列では、描定対象の 要素以外の要素は全て既知である(西標値が得られてい [0065] 図5は、存録点1~7のフレーム1~8の 自跡結果の説明図である。「●」印は特徴点の追跡を成 は特徴点の追跡を失敗しその脳標値が欠週値となってい ることを示す。このような欠週値を含む行列Wはそのま までは因子分解法に利用できないため、欠適値を推定す る必要がある。欠遺伍の植定には、その特徴点の周りの **冷徴点の座橋値を利用する。まず、推定対象の久週値を** 1つ遊択する。そして、週択した欠別値を含む、行列W る)ことが必敗である。 으

協価を1つずつ概次過択して描定し、最終的に行列W中 ム5の欠週佰を推定対象として選択したとする。この場 合、例えば図5に示す太嶽枠の内部に対応した、行列W の部分行列を作成する。この部分行列に基づいて欠到位 次に、例えば、図5中の特徴点6のフレーム6の欠週位 る。因えば、匂敷点1~6、フレーム1~6に対応する 部分行列を作成し、その欠別値を推定し、行列Wの当該 欠適値を描定値で置き換える。次に、例えば図5中の特 は、特徴点1~1、フレーム2~8に対応する部分行列 を作成し、当該欠適値を描定する。このようにして、欠 [0066] ⑫えば、図5において、特徴点6のフレー を推定し、行列Wの放当欠阅値を推阅値で置き換える。 を描定対象に選び、その権定のための部分行列を作成す 徴点7のフレーム2の欠週値を推定対象に選択し、例え の全ての欠剤値を推定する。 ន

【0067】以下、この女遺伝の指定処国について評価 に既明する。まず、欠適値推定部105の欠週値過択部 106によって、歯道のように、ワークメモリ103上 の行列W中の欠週値を1つ選択する (ステップ20

ន

2)。そして、この久遠値に対する推定を行う(ステッ ア203)が、その詳値について図4のフローチャート を参照して説明する。

【0068】まず、部分行列作成部107において、2 つの整数m≧ 2, n≧ 3をランダムに選び、ワークメモ リ103上の行列Wからm枚のファームとロ個の特徴点 を遊び、 福定対象のフレームが (nob, vob), p=0,,nに、描記対象の特徴点が (u.o., v.o.), f= 0,1,...,mになるように、行と列を入れ替えることによ り、次式のような部分行列を作成する。

[0069]

[数15]

特閥2000-3446 8

(1 5)

10* [0071] 【0070】(uoo, voo) が推定対象の要案(欠測

何)である。つまり、欠遊値を

【数16】

(18)

(i, j) ★ (0,0), (u ij, v ij) 英国在

ន 6法については後述する。以下、反復推定項算部109 【0073】推定のための部分行列を作成すると、初期 [0072]から描定することを考えるわけである。

において、この初期値から出発し反復権定領算処理によ 向(io, jo, ko)と位置も、カメラ中心1から仮想 直股定部108によって、(n.o., v.o.) の初期値(u (3) 式の行列Wとして使い因子分解法を適用すること 2)。次に、部分行列の (1000, 1000) を (11(14), 12 (*)) (反復商算処理の1回目では、ステップ301で により、特徴点の位置8% フレーム0でのカメラの方 (0), ^ (0)) を決定する (ステップ301)。 この散定 股定された初期値)で置き換え、この部分行列を前記 【0074】まず、kを0に設定する (ステップ30 国像平面3までの距離2。を求める(図1参照)。 って最終的な推定値を求める。

s。の関数として扱されるが、特に | ko・so/zo | > nと、フレーム部分集合及び特徴点部分集合を選び直し 【0076】 | k。・s。/z。| > rの語合 (ステップ 304, NO) には、ステップ300に戻り、慇数田, 定したバラメータてを用い、 | k。・s。/ z。| ≦ての 比較判定をする (ステップ304)。

1以降の処理を改めて実行する。

を次式により散定する。

[0078]

[0079] ここで、m。, n。, x。, y。は、前に求め られた (io, jo, ko), to, zo, Boを用いて前記 (2) 式により計算される。

【0083】収束条件が成立しないときには、部分行列 【0082】が成立するか闘へる。ここでとは予め設定 v (**!) で母き換えてステップ303以下を繰り返 の (n oo, v oo) を、西哲の補定値 (n (#+1) された収束判定パラメータである。

仮回数Kに違した場合には、その段階の推定値(u

1の場合には観差が発散する。そこで、0<151に設

【0077】 | ko・8o/2o|≦rの場合 (ステップ v) を評価し、第K+1段の描定値(u (*+1), v (*+1)) 304, YES) には、後述のように誤差 (Δu, Δ

[数17] 【0075】後述のように、(u(*), v(*))の推定類※30

 $(u^{(k+1)}, v^{(k+1)}) = (m_0 \cdot s_0 + x_0 + \Delta u, n_0 \cdot s_0 + y_0 + \Delta v)$

★及び反復回数の判定を行う (ステップ306)。 すなわ [0081] 【0080】次に、描定値 (u (k+1), v (k+1)) の収束★

す。その際、ステップ307はkを1だけインクリメン

2 東条件が成立した場合、あるいは、反復回数とが最大反 (**!), v (**!) を (uōo, v oo) の推定値として確定 [0084] ステップ306において、(18) 式の収 する (ステップ30'8)。この推定位を用いて、ワーク メモリ103上の行列Wの対応要索が哲音機えられる

※遊(△u, △v)は、(io, jo, ko), to, Zo,

て、推定のための部分行列を作成し直し、ステップ30

(17)

(図3、ステップ204)。 [数18] $\|(u^{(k+1)}, v^{(k+1)}) - (u^{(k)}, v^{(k)})\| < \epsilon$

(18)

[0085] そして、ステップ202 (図3) で次の欠 の欠測値が補完され、新たな欠測値が見つからなくなる と、出力部104によってワークメモリ103上の行列 【0086】次に、ステップ301における初期値(u 40 測値を避び、同様に反復権定処理を行う。行列wの全て 行拡張と呼ばれる方法と、列拡張と呼ばれる方法を述べ Wが外部に出力され、当散システムの処理が終了する。 (0), ^(0))の決定方法について税阻する。ここでは、

【0087】まず、行拡張と呼ばれる方法について説明 する。 (15) 式の欠測値推定のための部分行列 [0088]

[0600]

[外5]

[外4]

[0093] ここで、Mamasは田枚のフレームにおける 10*(n+1)個の特徴点は次の方程式系を遊たす。 [0094] の三次元座標を扱す行列である。第0フレームにおける* カメラの姿勢を示す行列、S3=(n+1)は(n+1)個の特徴点

$$\begin{cases} u_{0p} = m_{0}^{T} \cdot s_{p} + x_{0} \\ v_{0p} = n_{0}^{T} \cdot s_{p} + y_{0} \end{cases} \quad p = 0, 1, \dots, n \quad (2.0)$$

(31) ※[数21] $\kappa_0 = \frac{1}{n+1} \sum_{p=0}^{1} u_{0p}, \ \nu_0 = \frac{1}{n+1} \sum_{p=0}^{2} v_{0p}.$ [0095] ただし、 [9600]

【0100】から、福庇拉袋のnoo, vooを含む列を除 【0102】を作り、この部分行列を次のように分解す ₩_{2(m+1)} × n ₩2(5+1) × (6+1) いた部分行列 [0101] [0103] [外7] W2(a+1) xn-T [1...1] = M2(a+1) x38'3xn 【0098】次に、列拡張と呼ばれる方法について説明 30 【0097】である。そして、(20)式を最小二弾法 (ロ(1), v(1)) とする。なお、(20) 式には8つの 来知数 (noo, voo), (mo, no)があるので、これ ≥3でなければならない。したがって、既知特徴点は最 らの未知数を解くためには2(n+1)≥8、すなわち、n **成3個必要である。しかし、ノイズなどの影響を考慮** し、既知特徴点の数を4以上に選ぶのが適当である。 する。 (15) 式の欠適値推定のための部分行列 こよって解き、求めた (uoo, voo) を初期値 [0099]

★における第0特徴点は次の方程式系を溢たす。 [0105] [数23] 点の三次元座標を表す行列である。(四1)枚のフレーム 🖈 におけるカメラの姿勢を示す行列、S'3xnはn個の特徴 【0104】ここで、M_{3(日+1)}**は(甲+1)枚のフレーム

女[数24]

[0106] ただし、

[0101]

 $\times_{f} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^{n} u_{fp}, \ y_{f} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^{n} v_{fp}$

(54)

数を解くためには2(四1)25、すなわち、田≧2でな ければならない。 【0108】である。そして、(23)式を最小二線法 (11(0), v(0)) とする。なお、(23) 式には5つの 来知数 (noo, voo), soがあるので、これらの未知 によって解き、求めた (n.oo, v.oo) を初頭値

【0109】このような初期街の決定方法が刮送のToms 50 siとKanadeの構定方法である。この方法により求められ

*メラモデルである中心射影による投影に近くなるように

て遊扱された特徴点の画像面での投影位配を、実際のカキ 【0110】本発明では、このような初期値から出発し 理を反復する方法によって、特定の回像フレームにおい て、推定観燈を定型的に評価しつつ推定値を修正する処

場合がある。

する。 (u (*), v (*)) の限差 (Δu, Δv) は、次の 【0111】次に、ステップ305における権定値 (u (*), ^ (*))の製造(∇α, ∇^)の評価について説明 ようにして (io, jo, ko), to, zo, soの関数と **高い쒺度で推定することができる。**

[0112]

して扱される。

[数25]

$$(\Delta u, \Delta v) = \frac{1}{\pi 0} \sum_{i=1}^{\infty} \left(-\frac{(k_0 \cdot s \cdot Q^2)}{\pi 0} \right)^{i} (i_0 \cdot (s_0 - k_0), i_0 \cdot (s_0 - k_0))$$

$$+ \frac{(k_0 \cdot s \cdot Q^2)}{\pi 0} (i_0 \cdot k_0 \cdot i_0 \cdot k_0)$$

$$(2)$$

※極米 2。= (0。; i。, i。) における、投野点座標の描 【0113】この (25) 式によって推定関題を評価す

定値の模登.(Δu, Δv) は、

[0114] ここで、上船 (25) 式は、次のように書

$$[0\,1\,1\,4\,]$$
 ここで、上記(2 5)式は、次のように音 $[0\,1\,1\,5\,]$ い団すことができる。フレーム0での二次元ローカル磁※ $[$ 数 2 6 $]$ $(\Delta\,u,\,\Delta\,v)=\frac{1}{x\,0}$ $\sum_{i=1}^{L}\left(-\frac{D}{x\,0}\right)^{i}$ $(u,v)+\frac{D}{x\,0}$ (u_i,v_i)

★参照)。もしカメラの光軸がCを通れば、(ロ。, v。) **粉点の磨点である(図1参照)。(u., v.)は、∑。30** メラ中心1と同じ倒にあるときに角、反対側にあるとき = (00; io, jo)での、(ロ41)個の特徴点の集合の組 (00; io, jo) での点80の画像面2へ正射影した投 Raから仮想画像回3までのワールド座標系での符号付 に正の符号をとる(図1参照)。 (n, v)は、Σ。= 【0116】となる。ただし、Dは描定される点s。E き距離であり、特徴点80が仮想画像面3に対して、カ

$$V_{\rm CP} = 0$$
 $V_{\rm CP} = 0$ $V_{\rm CP} = 0$

$$s_{f_D} = k_f \cdot (s_D - t_f)$$

【0119】にいで、簡単のために、前述のようにカメ

(88)

[0124]

(58)

【0117】 (25) 式と (28) 式は次のように示す ことができる。フレーム f での点 8 ,の回像面 2 へ中心 =0となる。

対形した投影点の座標を (Uip, Vip)とすると (図1

○Cの画像図
$$2$$
へ正好影した故秘(前の座攝である (図 1 本 $\frac{1}{1}$ (0 $\frac{1}{1}$ $\frac{1$

[0118]

$$f_{\mathbf{p}} = \mathbf{k}_{\mathbf{f}} \cdot (\mathbf{e}_{\mathbf{p}} - \mathbf{t}_{\mathbf{f}}) \tag{2.7}$$

女[0120] ラの魚点距離1 (エル)を1とする。

(58)

[0123] に注意すると、

[数30]

$$U_{fp} \vee_{fp} = \left[\frac{(k_f \cdot s_p)}{z_f} + \frac{(k_f \cdot s_f)^2}{z_f} + \frac{(k_f \cdot s_f)^2}{z_f} + \frac{(k_f \cdot s_p)^3}{z_f} \right] \times (i_f \cdot (s_n - t_f), j_g \cdot (s_n - t_g))$$

校照2000−3446

$$=\frac{1}{s\,t}\sum_{l=0}^{\infty}\left(\frac{(k\,f\cdot s\,p)}{s\,f}\right)^{l}(l\,f^{*}\,\,(s_{p}-t\,f^{j})\,,\,\,l\,f^{*}\,\,(s_{p}-t\,f^{j}))$$

【0125】となる。したがって、

[0126]

$$J_{fp} = \frac{1}{r} \left\{ i_{f'} \cdot a_{p} + \frac{i_{f'} \cdot i_{f'}}{v_{f'}} \left(k_{f'} \cdot s_{p} - (i_{f'} \cdot i_{f'}) \right) + \frac{i_{f'} \cdot i_{f'}}{v_{f'}} \left(k_{f'} \cdot a_{p} - i_{f'} \cdot i_{f'} \cdot$$

$$f_{\mathbf{p}} = \frac{1}{2\ell} \left\{ i_{\ell} \cdot \mathbf{s}_{p} + \frac{1_{\ell} \cdot \iota_{\ell}}{2\ell} \left(k_{\ell} \cdot \mathbf{s}_{p} - (i_{\ell} \cdot \iota_{\ell}) \right) + \frac{1_{\ell} \cdot (\mathbf{s}_{p} - \iota_{\ell})}{2\ell} \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{(k_{\ell} \cdot \mathbf{s}_{p})}{2\ell} \right)^{\frac{1}{\ell} \cdot \frac{1}{\ell} \cdot \frac{1}{\ell}} (k_{\ell} \cdot \mathbf{s}_{p})$$

(31)

は、ステップ304(図4)に関強して述べたように指 [0127]となる。(31)式の右辺第1項は擬似中 第2項以降が0に近似される。ワールド座標系の原点を ・(s゚ー セ゚,))は、フレーム fの二次元ローカル 脳標系 >1の場合には餌差が発散するので、そのような場合に 勿体の国心に採ったとき、2・5-2・1-14・8-は、点 から仮想画像画3までの距離、 (i・・(sº-t・), j・ pから仮想画像面3までの距離D、2,はカメラ中心1 【0128】(25) 式から、特に | ko・8o/2o| ○慰敷の式と一致し、 | s゚ | ゚ / z゚゚ + 0 としたとき、 (ir.(-tr), jr.(-tr)) は、 2;= (0r; ir, 定のための部分行列を構成し直す必要があるわけであ Σ;= (0;; iι, jι) τοσπευοπακο ΘΦΦ. j.) での点Cの正射形の座標である。

どをシステムパス 407によって按捺したようなコンピ のためのドライブ403、外部の入力機器との入力イン ターフェイス405及び出力インターフェイス406な が、例えば図6に略示するようなCPU400、メモリ ロッパーディスクなどの可観記録媒体404の糖み铅色 **専用のハードウェアによって実現することも可能である** 【0129】図2乃至図4を参照して説明した処理は、 401、ハードディスクなどの補助配徴数徴402、

に触み込まれる。特徴点抽出・追跡によって作成される カされ、あるいは補助配熔破置402に一旦格納された 能である。この場合、図3及び図4に示す処理を取行さ せるためのプログラム410はメモリ401上に置かれ メモり401にロードされ、あるいは補助記憶装置40 2に一旦格納され処型実行時にメモリ401にロードさ れる。処理対象の時系列国像は、例えば、デジタルビデ オカメラなどの画像入力機器から入力インターフェイス 405を介してメモウ401に盤を込まれ、又は補助配 位装屋402に一旦格納され処理実行時にメモリ401 行列はメモリ401上に置かれる。久涵値が補完された ス406を介して外部の機器もしくは処型システムへ出 ュータを用い、ソフトウエアによって英現することも可 てCPU400によって実行される。このプログラム4 10は、例えば、それが記録されたフロッピーディスク 行列は、例えば、メモリ401から出力インターフェイ などの回接記録媒体404からドライブ403を介して 後、外部の機器もしくは処国システムへ出力される。 \$

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明 によれば、一道の時来列画像に対し複数の特徴点の追跡 **を行った結果として得られる、各特徴点の各国像フレー** ム上での座標値を並べた行列における欠調値を高辯度に

ಜ

(33)

[図3]

特開2000-3446

(12)

【図6】本発明をソフトウエアにより実現するために用 いられるコンピュータの構成例を示すプロック図であ

指定することが可能である。特徴点の強敵が起きるよう な条件で協設された時条列画像についても、高梯度な推 定位を用いて欠姻値を補完した行列を入力することが可

適用することにより、対象物体の三次元形状とカメラ選 能であり、したがって、その行列を用いて因子分解法を

【符号の説明】

フレームメモリ 100 画像入力部 101

助の高벾度な復元が可能になる、等々の効果を得られ

特徴点抽出・過略部 102

ワークメモリ 103

出力部 104

【図1】 様似中心好影モデルの説明図である。

【図面の簡単な説明】

久迦值推定部 欠週位選択部 105 106

反復推定預算部 初期值散定部 109 108

部分行列作成部 107 【図2】本発明による三次元データ入力システムのプロ 10 【図3】三次元データ入力システムの全体的処理フロー

【図5】 欠週値の推定方法の説明のための図である。

[図4] 欠測価権定処理のフローチャートである。

を示すフローチャートである。

ック図である。

[図2]

[図1]

の大西谷

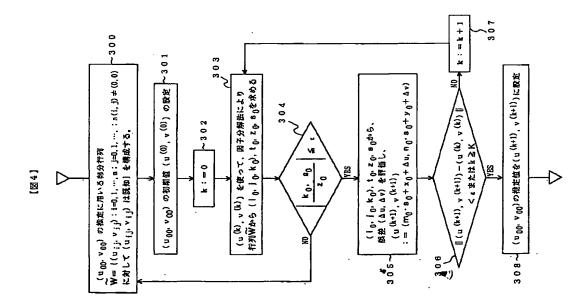
C- Warld Origin Hypothetical Image Plane (V. V.) = (v. + 44. v. + 45) . . £ ٤., (£,2,1)

[⊠2]

~205 欠割値が補完 された行列を出力 END ~ 202 ~ 203 ~204 ~ 200 ~ 201 YES 特徴点の抽出・追跡 推定値を用いて 欠週値を補完 欠徵值推定 欠测值避权 START 画像入力 策の

[図[8]





•

~, **a**;

. . . **.**